

# 写真による太陽・月の位置の観測

吉 田 専 一

太陽を地上の風景などといっしょに撮影する方法と、さらに、この写真と、太陽を撮影した時と同じ風景を写してんだ星野写真を比較することによって、恒星に対する太陽の位置をかなり詳しく知ることができた。また、月をそのまわりの星といっしょに撮影する方法についても検討した。

## 1 はじめに

中学校、高等学校における太陽系の構造に関する学習では、生徒自身が観測した事実にもとづいて考察することはほとんどおこなわれていない。これは、太陽の位置を恒星と関係づけて観測し、その結果にもとづいて、地球と太陽、恒星の相対的な位置関係を考えるような学習経験が不足していることが原因のひとつであると考えられる。太陽の位置を推測する方法はいろいろあると思われるが、太陽・星の位置関係を地上物を手がかりにして比較し、観測時刻の差をもとにして推測することによっても可能と考えられる。筆者は、この方法を写真によって検討することを試みかなりよい結果を得た。また、月をそのまわりの星といっしょに撮影する方法についても検討したので併せて報告する。

## 2 太陽および月の位置の撮影

### (1) 太陽の位置の撮影

#### ア 撮影装置

太陽の位置を地上物といっしょに撮影するためにカメラの前方0.5～1 mのところに適当な濃度のフィルターをおき、太陽だけを減光して撮影できるようにした。フィルターについてはいろいろ検討したが、結局、太陽を透かして見た時に、太陽をまぶしくなく見ることでできる下敷きを7～10 cm角位の大きさに切って使うのがよいことがわかった。撮影は、フィルターを手で持ってもできるが、時計の読みとりも同時に行なわなければならないので、フィルターを支える装置をつくった。

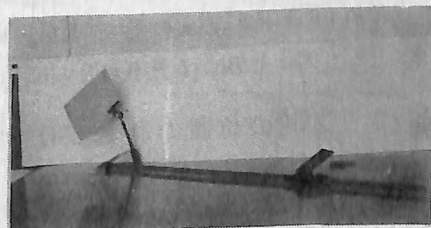
(図1)はフィルターを支えるための装置である。

A……フィルターの支持体で、上下、左右にフィルターの位置が変えられる。

B……フィルターとカメラをつなぐ棒で長さは70 cm位である。

C……A、Bをカメラにとりつけるためのもの。ブリキで作り、その上に厚めの布をはって置く。

Cにはカメラの底ねじが通る程度の穴をあけておき、三脚を雲台の上にのせ、この上にカメラをのせ



(図1)

て、雲台の底ねじによって、カメラと雲台の間にはさんで固定する(図2)。



(図2)

### イ 撮影の方法

太陽と恒星の位置関係を写真によって調べるには、カメラを固定しておき、同一画面に太陽と恒星を二重写しにすることができれば理想的である。

しかし、フィルムの感度が違うことと、一般には35mmカメラを用いるなどの理由から、太陽と恒星をそれぞれ別々のカメラによって撮影し、2枚の写真を合成して、お互いの位置関係をきめる。なお、地上物は、たとえば、屋根とアンテナのように、互いに交差するものを必ず入れておかないと、比較するときの原点を定めることができなくなる。

### (2) 月の位置の撮影

撮影装置は(図2)と同じものを用いた。ただし、フィルターは月齢によって変えなければならない。フィルターの濃さは、フィルターを通して月を見た時に、月がかすかに見える程度のもがよく、三日月の場合はND400×フィルター、またはND8×フィルター2枚にR62フィルターを重ねたもの、上弦または下弦近くの月は、太陽の場合に用いた下敷きよりやや透明な下敷き、満月の頃は、太陽の撮影に用いた下敷きを使用した。フィルムはTri-Xを使い、撮影および現像は星野写真の場合と同じ要領で行なった。月齢と露出時間の関係は、



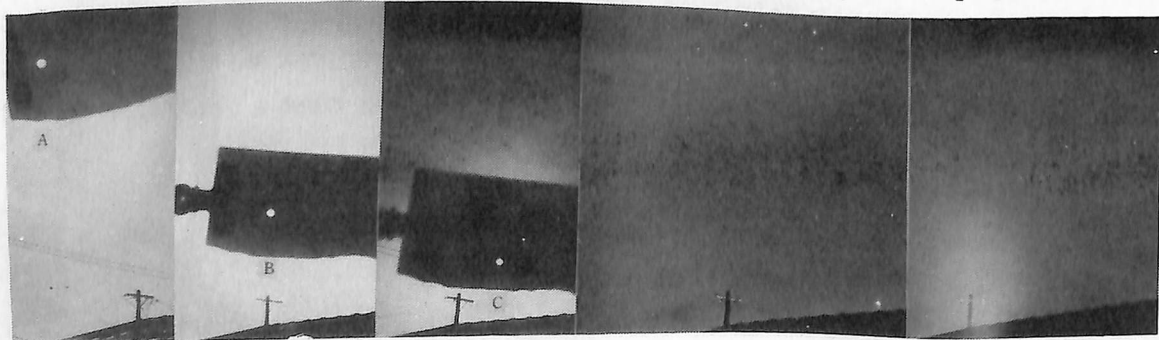
(図3)

空が月明りなどで比較的明るい時は露光量を少なく(例: 1970年5月23日1h18m露出時間5s 月齢18日 F2 フィルターはND400×ND8×各1枚(図3))、新月に近い月齢の時は露出時間を多くとる(例: 1970年5月9日20h26m 露出時間20s 月齢4日 F1.8 フィルターはND400×)。

## 3 太陽の位置の測定と撮影方法についての考察

### (1) 太陽の位置の測定

(図4)は1970年5月24日の太陽と星の位置を同じ場所で撮影したものである。これらのネガフ



(図4)

太陽: Neopan F F11 1/200秒 ミクロフイン 8分(20℃)  
星: Tri-X F1.8 20秒 パンドール 15分(20℃)

フィルムを写真用の引きのばし機で約10倍に引きのばし、グラフ用紙に記入した。太陽と恒星の位置関係は、地上の風物を手がかりにして定めた。次に星図を参考にしてその名まえを記入し、天体位置表によって恒星の赤経・赤緯(1970.5年分点)を調べる。赤経・赤緯のわかった星で太陽を囲む三角形を作る。これら3個の恒星と太陽の $\alpha y$ 座標を測り、コムリーのDナンバーを使って太陽の赤経・赤緯を求める<sup>1)</sup>。

下表の1~3は20時16.2分の星と太陽A, B, Cの位置との関係をそれぞれ独立に3回ずつ、グラフ用紙に記入し、計算したものであり、4~6は20時58.3分の星と太陽A, B, Cの関係を同じ方法で求めたものである。

	A (16h24.1m撮影)		B (17h18.2m撮影)		C (17h38.2m撮影)	
	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$
1	3.9300 h	20.275°	4.0020 h	20.354°	4.0255	20.311
2	3.9311	20.225	4.0031	20.330	4.0230	20.304
3	3.9332	20.326	4.0016	20.446	4.0275	20.355
4	3.9316	20.206	4.0073	20.308	4.0309	20.366
5	3.9288	20.075	4.0000	20.336	4.0213	20.411
6	3.9325	20.351	4.0000	20.420	4.0280	20.432
平均値	3.9312	20.243	4.0023	20.366	4.0260	20.363
平均自乗誤差	0.0007	0.041	0.0011	0.022	0.0014	0.021

この結果 Aは  $\alpha_A = (3.9312 \pm 0.0007) \text{ h} = 3\text{h}55.9\text{m} \pm 0.1\text{m}$

$\delta_A = (20.243 \pm 0.041)^\circ = 20^\circ 15' \pm 3'$

Bは  $\alpha_B = (4.0023 \pm 0.0011) \text{ h} = 4\text{h}00.1\text{m} \pm 0.1\text{m}$

$\delta_B = (20.366 \pm 0.022)^\circ = 20^\circ 22' \pm 2'$

Cは  $\alpha_C = (4.0260 \pm 0.0014) \text{ h} = 4\text{h}01.6\text{m} \pm 0.1\text{m}$

$\delta_C = (20.363 \pm 0.021)^\circ = 20^\circ 22' \pm 3'$

となる。また理科年表の予報値から求めた各観測時刻における太陽の位置は次のとおりである。

Aは  $\alpha_A = 4\text{h}02.6\text{m}$   $\delta_A = 20^\circ 43'$

Bは  $\alpha_B = 4\text{h}02.8\text{m}$   $\delta_B = 20^\circ 43'$

Cは  $\alpha_C = 4\text{h}02.8\text{m}$   $\delta_C = 20^\circ 43'$

## (2) 撮影方法についての考察

太陽A, B, Cのそれぞれの観測値のうち、平均値との差の最大値は、赤経方向に0.3m、赤緯方向に10'になっており、1回だけの測定ではこの程度の誤差を見込まなければならないことを示している。

この原因はおもに太陽の○印を書きこむ時に生じるものと考えられる。これは夜間の撮影はF1.8でおこなうため、屋根や電柱の縁がいくらかぼやけ屋根と電柱の直交する部分を基準にして太陽の位置を定めようとしても、基準位置のとり方に違いがでてくるためと思われる。しかし、このような測定も、6

回くり返すと、かなりの精度で太陽の位置がきまる。

測定値が全体的に予報値より小さい理由は次のように考えられる。

(図4)の太陽の写真は画面をたて長の構図にして撮影したものであり、星の写真はよこ長の構図にして撮影したものである。カメラと三脚の間には自由雲台を使ってあるので、よこ長の構図のときは、たて長の構図のときに比べて高い位置から屋根と電柱を見るので、屋根の向うにある電柱は、それだけ下まで見えることになり、画面の上ではそれだけ長くなって写る。このため、座標の基準を屋根と電柱の交点においた時に比べ、電柱の頂上においた時のほうが、太陽の赤経・赤緯の値が増す。実測すると赤経方向は太陽の視半径分、赤緯方向には太陽の視半径の $1/5$ ほどの違いがあり、赤経方向に1 m、赤緯方向に $3'$ 程度の補正が必要になる。これらの補正值を太陽B、Cにほどこすと、太陽B、Cの赤経・赤緯は予報値にかなり近づく。しかし、太陽A、B、Cの各平均値が一致しない理由、および、Aだけが特に大きく違う理由はよくわからないので、今後さらに検討を必要とする。この原因をとり除くか、これに対する補正が可能になれば、カメラを横位置または縦位置のいずれかに統一して、太陽と星を撮影することにより、太陽の位置を $10'$ 以内の精度で測定することが可能になる。また、上記の諸原因が解決されないままの状態では、約 $1.5^\circ$ の誤差を見込まなければならない。したがって、詳しい計算によらず、(図4)の写真から太陽のおよその位置を星図に記入して、これから太陽の赤経・赤緯を推測する程度であれば、(図4)の写真はじゅうぶんに使えると考えられる。中学校・高等学校における学習資料として用いるときは、太陽が恒星に対して位置を変えることや、その軌跡をたどり黄道について理解させる場合などには有効であると思われる。

#### 4 月の位置の測定

月の場合は、惑星などと同じように、背景にある星との相対的な位置関係を直接求めることができる。

しかし、満月の前後は月明りのためにほとんど星が見えず、あとで、月の位置を測定する手がかりになる星の数が少なかったり、月とかなり離れた所にしかなかったりすることがあるので、このような場合は、惑星の位置をきめる時よりも精度が落ちる。また、月の形は月齢によって変るので、月の位置は月縁にそって円を書いてから中心をきめることになるので、この面からもいづれ精度が減ずる。

#### 5 おわりに

太陽の位置をより正確に求める方法については、今後さらに検討を重ねていきたい。太陽や惑星の恒星に対する位置の変化を写真によって資料として用意しておき、これを生徒の観測事実につけ加えながら学習をすすめていけば、太陽系の構造についてのかなりのことが具体的に理解できるのではなかろうか。このような教材としての利用面についても研究をすすめていきたい。

#### 文 献

- 1) 藤波重次：小型カメラによる天体写真 共立出版(1965) PP.153~163